

(19) Japan Patent Office (JP)

(11) Japanese Unexamined Patent  
Application Publication Number

(12) **Japanese Unexamined Patent  
Application Publication (A)**

**H04-146770**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>  
A 63 B 53/00  
69/36  
G 01 P 15/00

Identification codes  
501  
JPO file numbers  
B 8302-2C  
E 7040-2C  
Z 7187-2F

(43) Publication date May 20, 1992

Request for examination: Not requested Number of inventions 8 (Total of 8 pages)

(54) Title of the invention GOLF CLUB WITH BUILT-IN ACCELEROMETER

(21) Japanese Patent Application H020-270088

(22) Date of Application October 8 1990

(72) Inventor

Kaneyuki KUBODERA

Kubotech Co. Ltd.  
1-1320 Banchi Shimotogari Nagaizumi-cho, Sunto-  
gun, Shizuoka-ken

(71) Applicant

Kubotech Co. Ltd.

1-1320 Banchi Shimotogari Nagaizumi-cho, Sunto-  
gun, Shizuoka-ken

**SPECIFICATION**

**1. TITLE OF THE INVENTION**

Golf club with built-in accelerometer

**2. SCOPE OF PATENT CLAIMS**

- 1) A golf club with the following features: It is a golf club in which the shaft contains two uniaxial accelerometers set in a vertical plane and one other uniaxial accelerometer set in the head at right angles to the other two.
- 2) A golf club or device having a function that calculates head speed from biaxial speed data obtained by integrating two orthogonal sets of acceleration readings in the golf club described in section 1).
- 3) A golf club or device that has a function that calculates the rotation angle of the shaft from the output of two uniaxial accelerometers in a golf club.
- 4) A golf club or device that has a function that calculates the speed of the golf club head from the biaxial speed component obtained by integrating the signals of the two orthogonal accelerometers in the golf club described in section 1).
- 5) A golf club or device that has a function that calculates the position of the impact point of the ball when the ball is struck based on signals from three accelerometers in the golf club described in section 1).
- 6) A golf club or device that has a function that displays the results of the calculations described in sections 2) through 5).
- 7) A golf club that is equipped with a function that transmits the sensor signal described in section 1) as a low-intensity radio wave.
- 8) A device equipped with one or more of the items described in sections 2) through 6) that receive the low-intensity radio waves described in section 7).

**3. DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION**

**INDUSTRIAL FIELDS OF USE**

Golf is a widely and generally enjoyed sport and many people, professionals and amateurs alike are making

efforts to improve their game. This invention focuses on the fact that the movement of the club head during the swing and its subsequent impact are the most direct of all of the factors that determine the trajectory taken by the ball as it flies after the club has been swung and the ball has been struck, and that by providing a golf club and related devices that can measure the mechanical movement of the golf club head and display the measurement data to the golf player, that the golf player would be able to have a scientific understanding of the movement of the golf club head on impact and during the swing and, as a result, would make it possible to improve his or her performance logically.

#### PRIOR ART

There have been various types of concepts presented as tools for practicing and getting better at golf and among these have been some, as described below, that measure the movement of the club head during the swing and upon impact and allow the golfer to know the results of those measurements.

In one of these, a mechanical clutch mechanism is embedded in the golf club and a specific golf club head speed is set in advance so that when the club is swung in excess of that set speed, centrifugal force causes the clutch to disengage, notifying the golfer that the club was swung so that the head speed exceeded the speed setting.

Another device that allows more quantified data to be known employs a configuration in which two or more sensors, are placed on the ground at a specific distance and when the golf club head passes by them, the sensors positioned at the two points on the ground detect that the golf club head has passed by and they calculate the speed of the golf club from the detected time interval. Another involves multiple sensors placed on the ground that detect when the golf club head passes by, allowing the general path of motion of the golf club head to be known.

#### [PROBLEMS THAT THE INVENTION ATTEMPTS TO SOLVE]

Drawbacks with these traditional technologies include the fact that, out of all of the mechanical factors that determine the trajectory of the flight path of the golf ball after impact, only a very small part of the data during the swing that was needed to correct one's swing could be measured. If one excludes wind direction, the physical properties of the ball, the material, weight, etc. of the golf club head, then the factors that determine the trajectory of the golf ball's flight after a stationary golf ball has been struck by a golf club head would include those shown below.

- (1) Speed of the golf club head when the golf ball is struck,
- (2) Inclination of the golf club head when the golf ball is struck,
- (3) Direction of movement of the golf club head when the golf ball is struck and
- (4) Position of the golf ball on the surface of the golf club head on impact.

If the wind direction and other environmental factors are constant, then when the same golf ball is struck using the same golf club, then the four mechanical factors listed above will be based on the manner of the swing, which will determine the path of motion of the ball. If these can be measured during the swing and on impact, then the strengths and weaknesses of the swing can be determined. One of the features of this invention is that it provides a means of measuring the parameters that serve as these mechanical factors.

Another feature of this invention is that, when the golf club head strikes the golf ball, is that it not only measures the kinetic data described above, it also measures various dynamic factors while the golfer is in the process of swinging the golf club. Because these dynamic factors are measured during the swing, the golfer can be shown how far the movement of the club head is from the desired state and at what point during the swing it occurred. This provides a lot of convenience for improving the player's swing.

## [MEANS FOR SOLVING THE PROBLEMS]

It is known that if the golf club head is considered a rigid body and the triaxial acceleration and the rotation moment applied to the golf club head are known, then its trajectory can be described. Therefore, if we measure all instances of the acceleration and rotation moment during a swing and impact, it will be possible to obtain the dynamic factor data described in the four items above. However, doing so requires the use of six sensors for measurements, and the use of six sensors would not be a realistically economical method.

This invention provides a method for obtaining the dynamic factor data described in the four items above using just three accelerometers. Below we will explain the method for detecting the dynamic factor data using this invention.

Figure 1 shows the path of the club head during a golf swing. The "1" is the golf club, the "2" is the golf club head. During the swing, the golf club head can be considered as describing an ellipse with the longitudinal radius R 3-4 around the center of rotation "3." The three points of the position of the ball "4" and the position "5" of the golf club head at the top of the swing and this center of rotation "3" form a plane. We will define the straight line that joins the center of rotation "3" and the position of the ball "4" as the Z axis 13, the straight line that crosses the plane at a right angle to the Z axis from the center of rotation "3" as the X axis 11 and the straight line that crosses the X and Z axes at right angles from the center of rotation "3" as the Y axis 12. We will define the orthogonal axes that are fixed in place on the golf club head as the i axis 6, which is a vertical line going down the face of the golf club head from the center of gravity of the head 2, the j axis 8, which is parallel to the central axis of the golf club head and the k axis 7, which intersects the i and j axes at right angles. Here, the angle formed by the radius of rotation 10 of the arc 9 of the ellipse and the k axis as " $\psi$ ." If we consider that the radius of rotation 10 forms an elliptical cylinder with the Y axis as the central axis, then the golf club head 2 can be imagined as traveling over the surface of this elliptical cylinder. Figure 2 shows part of this elliptical cylinder expanded. If we define the orientation of the arc 9, 14 in Figure 1 as the x axis, the ball position 4 as the origin and the axis 15 on the elliptical cylinder that crosses the x axis from the origin 4 at a right angle as the y axis, and the direction that is perpendicular to the surface of this elliptical cylinder as the z axis 13, then the golf club head travels over the flat plane x - y. An example of the curve of that path is shown in Figure 2, in which "22" indicates the motion of the head when the club is retracted and "23" indicates the motion of the head during the down swing.

As shown in Figure 1, the straight lines that joins the direction of the shaft with the center "3" of rotation of the golf club head with the center of gravity "16" of the golf club head forms the angle  $\psi$ . Here,  $\psi$  can be considered to be approximately equal to zero. The two sensors Si1 (35) and Si2 (36), which detect the acceleration in the i direction with respect to the center of gravity of the golf club head in Figure 3 are built into the club, separated by a certain distance, and the sensor Sj (37), which detects acceleration in the j direction, is also built into the club. When external force F (33) and rotational torque T (34) are applied to this golf club head, the acceleration  $\alpha_x$  and  $\alpha_y$ , which act on the golf club head in the x and y direction (31) and (32) can be calculated using the formula below, from the acceleration  $\alpha_{i1}$  (38),  $\alpha_{i2}$  (39) and  $\alpha_j$  (40), which are detected by Si1, Si2 and Sj.

$M \cdot \alpha_x = (\alpha_{i1} - \Delta \alpha_i \cdot L_1) \cos \theta + (\alpha_j + \Delta \alpha_i \cdot L_3) \sin \theta$ $M \cdot \alpha_y = (\alpha_{i2} + \Delta \alpha_i \cdot L_3) \cos \theta - (\alpha_{i1} - \Delta \alpha_i \cdot L_1) \sin \theta$	<p>Here, "M" is the mass of the golf club head, <math>\Delta \alpha_i = \alpha_{i1} - \alpha_{i2}</math>, L1 and L2 are constants and <math>\theta</math> and the (<math>\pm</math>) symbol in the formula is used to distinguish between the times that <math>\theta</math> is positive and <math>\theta</math> is negative.</p> <p>The speed component of the golf club head in the x and y directions can be given with the following formula.</p>
$\dot{x} = \frac{1}{M} \int \{ (\alpha_{i1} - \Delta \alpha_i \cdot L_1) \cos \theta + (\alpha_j + \Delta \alpha_i \cdot L_3) \sin \theta \} dt$ $\dot{y} = \frac{1}{M} \int \{ (\alpha_{i2} + \Delta \alpha_i \cdot L_3) \cos \theta - (\alpha_{i1} - \Delta \alpha_i \cdot L_1) \sin \theta \} dt$	<p>The speed in the plane of the golf club head's elliptical coordinates, Vx and Vy, can be given using the following formula.</p> $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$
$\xi = \tan^{-1} \frac{\dot{y}}{\dot{x}}$	<p>Next, the orbital angle of the golf club head can be obtained with the equation on the left.</p>

Also, the angle of the face can be calculated as at right.

$$\theta = \int (\pm) \sqrt{\left| \frac{-\Delta \dot{\alpha}_i}{r} \right|} \cdot dt$$

However, when swinging the golf club, and the club is drawn or taken back, the rotation around the central axis of the golf club shaft increases uniformly and conversely, during the down swing, it is decreased uniformly in the opposite direction. At the top of the swing, the polarity reverses, so if we define the "take back" starting point as t0, the "top of swing" finishing point as

t1, and the down swing finishing point as t2, then the rotation angle around the golf club shaft axis can be given using the following formula.

$$\theta = \int_{t_0}^{t_1} \omega \cdot dt - \int_{t_1}^{t_2} \omega \cdot dt$$

When the golfer addresses the ball, if the angle formed by the direction of the swing and the perpendicular direction of the face of the golf club is taken to be zero, then the face angle  $\theta$  upon impact from the swing can be given using the following formula.

Next, we will describe the motion at the point of impact between the ball and head. Figure 4 shows a model of the motion before and after impact between the golf club head 2 and the golf ball 46. Figure 4-(a) shows the motion of the golf ball and the golf club head immediately before impact, Figure 4-(b) is the point of impact and Figure 4-(c) shows the moment immediately after impact. The amount of movement of the golf ball and the golf club head immediately before and

after impact as well as the impact point  $y_{imp}$  (43) for the ball from the rotation relative to the z axis can be given with the following formula.

$$y_{imp} = \frac{I_z}{M(V_2 - V_1)} \ddot{\theta} \cdot \Delta t$$

Here,  $I_z$  is the inertia moment of the club head associated with the z axis,  $V_1$  (41) and  $V_2$  (44) are the speed of the head before and after the impact of the ball and head and  $\Delta t$  is the impact time between the ball and the head.

It is clear that the formulas shown above can be used to calculate the four parameters that determine the trajectory of the ball when it is struck during the golf club swing, using the three accelerometers built into the golf club head.

#### [EMBODIMENTS]

We will describe a sample embodiment using a specific implementation.

Figure 5 shows a configuration diagram. S1 (50), S2 (51), S3 (52) indicate the three speed sensors; A1 (53), A2 (54) and A3 (55) indicate the amplifiers; D1 (56), D2 (57), and D3 (58) indicate the respective analog digital converters that convert the analog output voltage into digital signals. Next, CPU (59) indicates a microprocessor, P1 (60), P2 (61) and P3 (62) indicate a numeric display and S1 (63) indicates a switch. Strain gauge-type accelerometers, pressure element type accelerometers, semiconductor piezoelectric accelerometers and the like normally serve as accelerometer. Here we have used semiconductor accelerometers because they can be made compact, they can serve as an overload countermeasure, they have a high response frequency and they can be mass produced.

The signals from the sensors S1, S2, and S3 pass through their respective amplifiers A1, A2 and A3 where they are amplified and then converted into digital signals in their respective analog digital converters D1, D2 and D3. These digitized signals go into a computer. These digitized signals go through a microprocessor where the values described above are calculated, using the formulas already disclosed above.

These values are then displayed on a numeric display. At this point, the switch S1 is used as a "start of swing" switch.

Figure 6 shows an example of a connection to an external computer. Sensor output from S1 through S3 is amplified in the amplifiers A1 through A3. These output signals pass through a cable and into the interface circuit of the external computer before going into the analog digital converter circuits D1 through D3 and then into the computer CPU (64).

The calculations described above are performed by the CPU and resulting parameters are displayed on the CRT (65).

Figure 7 is a diagram showing the values for the club head during the swing, which were calculated according to the formulas described above and shown on the CRT display.

Figure 7(a) is a diagram showing the path of the golf club head on the x-y coordinates described above. In that figure, (20) indicates the back swing and (23) indicates the downward swing. By looking at this curve, the golfer can learn the movement of the head while the golfer swings, making it possible to correct the motion of his or her own golf club head. From there, it will be possible to know if the golf club head is striking the ball the inside out on impact or striking the ball outside in.

Figure 7(b) shows changes in the angle of the golf club face surface.

This makes the face angle clear during the swing and immediately before impact.

Figure 7(c) shows the changes in the golf club head speed during the swing.

Additionally, Figure 7(d) shows where the ball strikes the surface of the face of the golf club head. As another embodiment of this invention you could transmit low-intensity radio waves from signals in the golf club head to be received wirelessly by a nearby receiver and, after these signals had been subjected to the signal processing described above, the data described above could be displayed on the CRT. With this invention, factors that determine the flight of the ball such as the speed of the golf club head during the swing, the inclination of the face of the golf club head and the direction of motion of the golf club head, can be measured during the swing and shown to the player, making it possible to practice while receiving data that is much more scientific and rational than with previous methods. Also, by being able to work on practicing while learning scientific data makes the amount of satisfaction to be had even greater. Thus, there is a significant amount of value, including industrially, that this sort of technology offers to society.

#### 4. BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Figure 1 is a coordinate system that shows the path of the golf club head when the golf club is swung. Figure 2 is a diagram showing the path of the golf club head over the x, y coordinates shown in Figure 1.

Figure 3 is a figure showing the position of the accelerometer inside the golf club head, the external force and the rotation moment of the external force.

Figure 4 is a diagram showing a golf ball and the motion of the golf club head before and after striking the ball; Figure 5 is a drawing of the built-in accelerometer, circuit module, computer and display that would be mounted in a golf club. Figure 6 shows a diagram in which the output from the accelerometers and amplifiers built into a golf club is connected to an external computer. Figure 7 is a diagram showing a data sample produced by this invention.

- (1) Golf club shaft
- (2) Golf club head
- (3) Center of golf club swing
- (4) Position of golf ball's center of gravity
- (5) Position of golf club head's center of gravity at top of swing
- (6) The i axis proceeds perpendicularly downward from the golf club head's center of gravity across the face of the golf club head and is fixed in place at the golf club head.
- (7) The k axis is a straight line that is parallel to the shaft from the golf club head's center of gravity and is fixed in place at the golf club head.
- (8) The j axis is a straight line from the golf club head's center of gravity that crosses the i and k axes at right angles and is fixed in place at the golf club head.
- (9) The part of the ellipse formed by the following three points: The long axis is the linear distance joining the center of the golf club swing and the center of the golf ball on the plane formed by the center of gravity of the golf ball, the center of gravity of the golf club head at the top of the swing and the center of the golf club swing, when the golf club is swung.
- (10) The straight line joining the center of the golf club swing and the golf club head's center of gravity.
- (11) The x axis is the straight line joining (3) and (4) where the straight line crosses the plane formed by (3), (4) and (5) and is fixed to the ground.
- (12) The y axis is the straight line drawn from perpendicularly from (3) in the plane formed by (3), (4) and (5).
- (13) The z axis is the straight line that crosses the x and y axes at right angles.
- (14) The x axis is the curve drawn from (4) along (9).
- (15) The y axis is the straight line from (4) at a right angle to (14) and perpendicular to the plane formed by (3), (4) and (5).
- (16) Golf club head's center of gravity
- (20) Path of head's center of gravity on the coordinates x-y during the back swing.
- (21) Path of head's center of gravity on the coordinates x-y during the down swing.

- (22) Path of head's center of gravity on the coordinates x-y during the back swing.
- (23) Transition direction of the head's center of gravity on the coordinates x-y during the down swing.
- (31) The x' axis is the straight line that is parallel to (9) or (14) and drawn from the golf club head's center of gravity.
- (32) The y' axis is a straight line that is perpendicular to (31) on the x-y plane from the golf club head's center of gravity.
- (33) The external force "F" that is applied to the golf club head.
- (34) The rotation moment "T" that is applied to the golf club head.
- (35) Si1 is the sensor that detects acceleration in the direction parallel to (6).
- (36) Si2 is the sensor that detects acceleration in the direction parallel to (6) and whose coordinates on the axis (7) are the same as the coordinates on the axes (35) and (6).
- (37) Sj is the sensor that detects acceleration that is parallel to (7).
- (38) The acceleration detected by the sensor (35).
- (39) The acceleration detected by the sensor (36).
- (40) The acceleration detected by the sensor (37).
- (41) The speed of the golf club head immediately before impact.
- (42) The force from the golf ball that acts on the golf club head on impact.
- (43) The distance  $y_{imp}$  from the center of the shaft to the point of impact upon impact.
- (44) The golf club head immediately after impact.
- (45) The speed of the golf ball immediately after impact.
- (46) Indicates the ball before and after impact.
- (50) Acceleration sensor
- (51) Acceleration sensor
- (52) Acceleration sensor
- (53) Converter
- (54) Converter
- (55) Converter
- (56) Interface with ADC and microcomputer
- (57) Interface with ADC and microcomputer
- (58) Interface with ADC and microcomputer
- (59) Microcomputer system
- (60) Display unit
- (61) Display unit
- (62) Display unit
- (63) Start switch
- (64) Computer system
- (65) Display system
- (70) Scale showing  $\theta$  angle
- (71)  $\theta$  angle curve during back swing
- (72)  $\theta$  angle curve during down swing
- (73) Scale showing the golf club head speed
- (74) Curve showing golf club head speed during back swing
- (75) Curve showing golf club head speed during down swing

- (76) Scale showing impact position  
(77) Impact point area

Patent Applicant: Kubotech Co. Ltd.

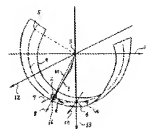


Figure 1

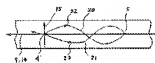


Figure 2

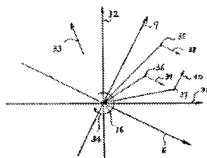


Figure 3

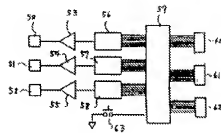


Figure 5

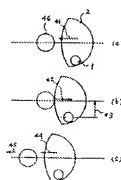


Figure 4

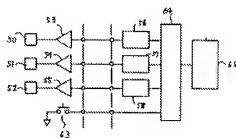


Figure 6

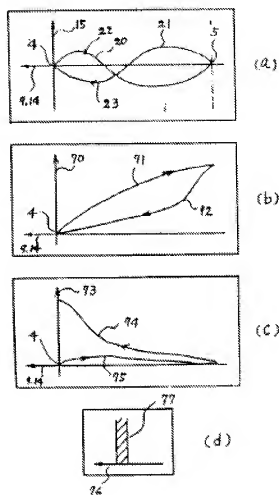


Figure 7



⑫ 公開特許公報(A) 平4-146770

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

A 63 B 53/00  
69/36  
G 01 P 15/00

識別記号

5 0 1 B  
E  
Z

庁内整理番号

8302-2C  
7040-2C  
7187-2F

⑭ 公開 平成4年(1992)5月20日

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全8頁)

⑮ 発明の名称 加速度センサー内蔵ゴルフ・クラブ

⑯ 特 願 平2-270088

⑰ 出 願 平2(1990)10月8日

⑱ 発 明 者 窪 寺 謙 之 静岡県駿東郡長泉町下土狩1320番地の1 株式会社クボテック内

⑲ 出 願 人 株式会社クボテック 静岡県駿東郡長泉町下土狩1320番地の1

明 細 書

1. 発明の名称

加速度センサー内蔵ゴルフ・クラブ

2. 特許請求の範囲

1) ゴルフ・クラブに於いて

シャフトに垂直面内の1軸方向の2ヶの加速度センサーとこれに直交する他の1軸方向の1個の加速度センサーとをヘッド部に内蔵したことを特徴とするゴルフ・クラブ

2) 1) 項記載のゴルフ・クラブに於いて直交する2ヶの加速度を積分して得られる2軸方向速度情報からヘッド・スピードを演算する機能を有するゴルフ・クラブ又は装置。

3) 1) 項記載のゴルフ・クラブに於いて1軸方向の2ヶの加速度センサー出力からシャフトの回転角を演算する機能を有するゴルフ・クラブ又は装置。

4) 1) 項記載のゴルフ・クラブに於いて直交する2ヶの加速度センサー信号を積分

して得られる2軸方向の速度成分からゴルフ・クラブ・ヘッドの速さを演算する機能を有するゴルフ・クラブ又は装置。

5) 1) 項記載のゴルフ・クラブに於いて

3ヶの加速度センサー信号からボールをインパクトした時のボールの打点位置を演算する機能を有するゴルフ・クラブ又は装置

6) 2) ~ 5) 項記載の演算結果を表示する機能を有するゴルフ・クラブ又は装置。

7) 1) 項記載のセンサー信号を微弱電流として発信する機能を備えたゴルフ・クラブ。

8) 7) 項記載の微弱電流を受信する機能と2) ~ 6) 項記載の1つ又は複数の項目とを備えた装置。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

ゴルフは広く一般に愛好され、プロとアマチュアを問わず多くの人々がその上達に努力を

している。本発明はゴルフ・クラブのスイング及びボールとのインパクトに於いてボールが飛んで行く軌跡を決定する要因の内、スイング中及びインパクト時のクラブ・ヘッドの運動が最も直接的要因であることに注目し、このクラブ・ヘッドの力学的動きを計測し、ゴルフ・プレーヤーに計測データを示すことが出来るゴルフ・クラブ及び関連装置を提供することにより、ゴルフ・プレーヤーがスイング中及びインパクト時のクラブ・ヘッドの動きを科学的に認識することが出来、その結果、合理的にゴルフの上達は出来る様になろうとするものである。

#### 〔従来の技術〕

従来ゴルフ上達のための練習器具として考案されたものは色々あるが、それらの内スイング中或いはインパクト時のクラブ・ヘッドの動きを測定し、プレーヤーがその測定結果を知ることが出来るものとして下記のものがある。その1つは、ゴルフ・クラブに機械的クラッチ

機構を内蔵し、あらかじめ所定のゴルフ・クラブ・ヘッド・スピードを設定しておいてスイングすると、その設定スピード以上の速さでクラブ・ヘッドがスイングされると、遠心力によりクラッチがはずれ設定スピード以上のクラブ・ヘッド・スピードでスイングされたことがわかるものがある。

他のもっと定量的データを知ることが出来る装置として、一定の距離で地上に設置された2ヶ以上のセンサー上をクラブ・ヘッドが通過する構造で、地上2点に設置されたセンサーがゴルフ・クラブ・ヘッドの通過を検知し、その検知された時間間隔から逆算してゴルフ・クラブのスピードを検知するもの、又地上に設置された複数個のセンサーがゴルフ・クラブ・ヘッドの通過を検知することによって、ゴルフ・クラブ・ヘッドの大きな運動軌道を知る方法などがある。

#### 〔本発明が解決しようとする問題〕

これらの従来技術ではゴルフ・ボールが打球された以降の飛球軌跡を決定する力学的要因の内、極く一部のデータのみしか測定出来ぬことスイングを矯正するために必要なスイング途中のデータが得られぬなどの欠点があった。静止ゴルフ・ボールにゴルフ・クラブ・ヘッドが衝突後、ゴルフ・ボールが飛球する軌跡を決定する要素として風向き、ボールの物理的特性、ゴルフ・クラブ・ヘッドの材質、質量などを除いて下記の要素がある。

- (1) ゴルフ・ボール打球時のゴルフ・クラブ・ヘッドのスピード
- (2) ゴルフ・ボール打球時のゴルフ・クラブ・ヘッドの傾き
- (3) ゴルフ・ボール打球時のゴルフ・クラブ・ヘッドの運動方向
- (4) ゴルフ・クラブ・ヘッド面上のゴルフ・ボール・打球位置

がある。風向きなどの周囲環境が一定で、同一のゴルフボールで、同一のゴルフ・クラブを用

いてスイングした時、スイングの仕方によって上記4項目の力学的要因がボールの運動軌跡を決定する。これらをスイング中及びインパクト時に測定すればスイングの良し悪しを判断することが出来る。本発明の特徴の1つはこれらの力学的要因となる各パラメータを測定する手段を提供するものである。

本発明の他の特徴の1つは、ゴルフ・クラブ・ヘッドがゴルフ・ボールに衝突する時、前述の運動力学的要因データを計測するだけでなく、プレーヤーがゴルフ・クラブをスイングする途中過程に於いても、これら運動力学的要因データを測定出来る点にある。これらの運動力学的要因はスイング中に測定されるからそのスイング中にどのタイミングでクラブ・ヘッドの運動が望ましい状態からはずれているかなどをプレーヤーに知らせることが出来るので、プレーヤーのスイングの改善に多大の利便を与えることが出来る。

〔問題点を解決するための手段〕

ゴルフ・クラブ・ヘッドを剛体と考えたときゴルフ・クラブ・ヘッドに加わる三軸方向の加速度及び回転モーメントが明らかになれば、その運動の軌道を記述することが出来ることが知られている。従ってこれらの加速度及び回転モーメントの全てをスイング中及びインパクト時に測定すれば前述の4項目の力学的要因データを得ることが出来るのであるが、そのためには6個の測定の為のセンサーが必要であるが、6個のセンサーを用いることは実用上経済的な方法ではない。

本発明は3個の加速度センサーだけで、前述の4項目の力学的要因データを得る方法を提供する。以下に本発明による各力学的要因データの検知方法について説明する。

第1図はゴルフ・スイングに於けるクラブ・ヘッド軌道を表している。1はゴルフ・クラブを示し、2はゴルフ・クラブ・ヘッドである。スイング中はゴルフ・クラブ・ヘッドは回転中心

軸15をy軸とし原点よりこの楕円周面に垂直な方向をx軸13とする時ゴルフ・クラブ・ヘッドはx-y平面上を移動する。その移動曲線の一例を第2図に示してあるが、22がテーク・バック時のヘッドの動きを示し、23がダウン・スイング時のヘッドの動きを示している。

第1図に示す様にシャフト方向とゴルフ・クラブ・ヘッドの回転中心3とゴルフ・クラブ・ヘッドの重心16とを結ぶ直線は角度φをなす。今近似的にφ=0とみなす。今第3図に於いてゴルフ・クラブ・ヘッドの重心に対しi方向加速度を検知する2個のセンサS<sub>1</sub>(35)、S<sub>2</sub>(36)がある距離離れて内蔵してあり、j方向加速度を検知するセンサ-S<sub>j</sub>(37)が内蔵してある。このゴルフ・クラブ・ヘッドに外力F(33)と回転トルクT(34)が加わると、これらS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>、S<sub>j</sub>が検知する加速度a<sub>1</sub>(38)、a<sub>2</sub>(39)、a<sub>j</sub>(40)からゴルフ・クラブ・ヘッドのx、y方向(31)、(32)に受ける加速度a<sub>x</sub>、a<sub>y</sub>は次式から求まる。

3を中心とし半径R3-4の楕円を描くと考えてよい。この回転中心3、ボール位置4とトップ・オブ・スイングの時のゴルフ・クラブ・ヘッドの位置5との3点を含む平面上で、回転中心3からボール位置4とを結ぶ直線をZ軸13とし、回転中心3からZ軸に直交しその平面上にある直線をX軸11とし、回転中心3からX、Z軸に直交する直線をY軸12とする。ゴルフ・クラブ・ヘッド2に固定された直交軸としてヘッド2の重心からゴルフ・クラブ・ヘッド・フェース面に下した垂線を1軸6、ゴルフ・クラブ・ヘッド・シャフト中心軸と平行な軸1軸8、1、2軸に直交する軸をk軸7とする。この時楕円径9の回転半径10とk軸とが成す角度をφとする。Y軸を中心軸とし、回転半径10の楕円周面を考えた時ゴルフ・クラブ・ヘッド2はこの楕円周面上を移動すると考える事が出来る。この楕円周の一部を展開したのが第2図である。第1図の楕円周方向9、14をx軸、ボール位置4を原点、原点4からx軸に直交し楕円周上の

$$M \cdot dx = (\alpha_{i1} - \Delta \alpha_i \cdot \ell_1) \cos \theta + (\alpha_{j2} + \Delta \alpha_i \cdot \ell_2) \sin \theta$$

$$M \cdot dy = (\alpha_{j2} + \Delta \alpha_i \cdot \ell_2) \cos \theta - (\alpha_{i1} - \Delta \alpha_i \cdot \ell_1) \sin \theta$$

ここでMはゴルフ・クラブ・ヘッドの質量、 $\Delta \alpha_i = \alpha_{i1} - \alpha_{i2}$ 、 $\ell_1$ 、 $\ell_2$ は定数である又θの式中(±)の記号はθが正の時と負の時とを区別するために付してある。

これからゴルフ・クラブ・ヘッドのx、y方向速度成分は次の式で与えられる。

$$V_x = \frac{1}{M} \int \{ (\alpha_{i1} - \Delta \alpha_i \cdot \ell_1) \cos \theta + (\alpha_{j2} + \Delta \alpha_i \cdot \ell_2) \sin \theta \} dt$$

$$V_y = \frac{1}{M} \int \{ (\alpha_{j2} + \Delta \alpha_i \cdot \ell_2) \cos \theta - (\alpha_{i1} - \Delta \alpha_i \cdot \ell_1) \sin \theta \} dt$$

これらV<sub>x</sub>、V<sub>y</sub>からゴルフ・クラブ・ヘッドの円柱座標面内スピードは次式で与えられる。

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

次にゴルフ・クラブ・ヘッドの軌道角は次式で与えられる。

$$\xi = \tan^{-1} \frac{V_y}{V_x}$$

又 フェース角  $\theta$  は次式で求める。

$$\theta = \int (\pm) \left| \frac{-\Delta \dot{\alpha}_t}{r} \right| \cdot dt$$

所でゴルフ・クラブをスイングするとき、テーク・バック時はゴルフ・クラブ・シャフト中心軸のまわりの回転は単調に増加し、逆に、ダウンスイングに於いては逆の方向に単調に減少する。トップ・オブ・スイングで極性が逆になるからテーク・バック開始時点 $t_0$ 、トップ・オブ・スイング終了時 $t_1$ 、ダウンスイング終了時 $t_2$ とするとゴルフ・クラブ・シャフト軸まわりの回転角は次式で与えられる。

$$\theta = \int_{t_0}^{t_1} \omega \, dt - \int_{t_1}^{t_2} \omega \, dt$$

プレーヤーがアドレスした時のゴルフ・クラブ面は垂直方向がスイング方向となす角を零としてスイングによるインパクト時のフェース角 $\theta$ は上式で与えられる。

次にボールとヘッドのインパクト時の運動について記述する。図4にゴルフ・クラブ・ヘッド2とゴルフ・ボール46とのインパクト前後の運動をモデルとして表している。図4-(a)はイ

ンパクト直前、図4-(b)はインパクト時、図4-(c)はインパクト直後のゴルフボールとゴルフ・クラブ・ヘッドの動きを示している。

インパクト直前、直後のゴルフ・ボールとゴルフ・クラブ・ヘッドの運動量及びZ軸に関する回転からボールのインパクト点 $y_{imp}$ 、(43)は次式で与えられる。

$$y_{imp} = \frac{I_z}{M(V_2 - V_1)} \ddot{\theta} \cdot \Delta t$$

ここで $I_z$ はZ軸に関するクラブ・ヘッドの慣性モーメント、 $V_1$ (41)、 $V_2$ (44)はボールとヘッドとの衝突前後のヘッドの速度、 $\Delta t$ はボールとヘッドとの衝突時間である。

以上に示した計算式からゴルフ・スイングによる打球の軌跡を決める4つのパラメータの値をゴルフ・クラブ・ヘッド内に内蔵した3個のセンサーから求められることが明らかである。

#### [実施例]

具体的に実施する場合の一実施例について以

下に記述する。

第5図に構成図を示す。S1(50)、S2(51)、S3(52)は三つの速度センサーを示し、A1(53)、A2(54)、A3(55)は増巾器を示しD1(56)、D2(57)、D3(58)はそれぞれの増巾器からのアナログ出力電圧をデジタル信号化するためのアナログ・ツリー・デジタル・コンバーターを示す。更にCPU(59)はマイクロプロセッサを示し、P1(60)、P2(61)、P3(62)は数字表示器を示し、S1(63)はスイッチを示す。加速度センサーとしては歪みゲージ式加速度センサー、圧電素子式加速度センサー、半導体ビエゾ加速度センサーなどが通常加速度センサーとして使用されている。ここでは小形に製作出来ること、過負荷対策が出来ること、応答周波数が高いこと、量産性があることから半導体型加速度センサーを使用している。

センサーS1、S2、S3からの信号はそれぞれ増巾器A1、A2、A3を通して増巾され、アナログ・デジタル・コンバーターD1、D2、D3によりデジ

タル信号化される。これらのデジタル化された信号はコンピュータに入力される。これらのデジタル化された信号から既に示した計算式に使いマイクロ・プロセッサにより計算を行ない、求める値を求める。

これらの値は数字表示器により表示される。このときスイッチS1はスイング・スタート用スイッチである。

第6図は外部コンピュータと接続した例を示す。S1からS3のセンサー出力は増巾器A1～A3にて増巾される。これらの出力信号はケーブルを通して外部コンピュータのインターフェース回路を通してアナログ・デジタル・コンバーター回路D1～D3に入力され、コンピュータCPU(64)に入力される。

CPUにより前述の計算が行なわれて求めるパラメータがCRT(65)上に表示される。

第7図はゴルフ・スイング中のクラブ・ヘッドの動きを既述の計算式に従い計算した値をCRTディスプレイ上に表示した図である。

第7図(a)は既述のx-y座標上にクラブ・ヘッドの軌跡を示した図である。同図中(20)はバック・スイングを示し、(23)はダウン・スイングを示す。この曲線を見ることによりゴルフ・プレーヤーはスイング中のプレーヤーのヘッドの動きを知り、自己のクラブ・ヘッドの動きを矯正することが出来る。これからインパクト時にクラブ・ヘッドがインサイド・アウトにボールを打球しているか、アウトサイド・インに打球しているかを知ることが出来る。

第7図(b)はゴルフ・クラブ・フェース面の角度変化を示している。

これによりスイング中及びインパクト直前のフェース角がわかる。

第7図(c)はゴルフ・クラブ・ヘッド・スピードのスイング中の変化を示している。

更に第7図(d)はゴルフ・クラブ・ヘッド・フェース面上どこにボールが打球したかを示している。本発明の他の実施例としてゴルフ・クラブ・ヘッド内にセンサー信号を微弱電波で発

信し、ケーブルレスで近くに置かれた受信器で受け、この信号により既述の信号処理をした上でCRTディスプレイ上に既述のデータを表示することが出来る。本発明によればゴルフ・スイング中のクラブ・ヘッドのスピード、クラブ・ヘッド面の傾き及びクラブ・ヘッドの運動方向のボールの飛球を決定する要素をスイング中に測定し、プレーヤーに示すことが出来るので従前に比し飛躍的に科学的で合理的なデータを得ながら練習出来る。又科学的データを知りながら練習に励むことが出来ることにより得られる満足感が大きい。従って工業的にもこの様な技術が社会に与える価値は大きい。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図はゴルフ・クラブをスイングする時のゴルフ・クラブ・ヘッドの軌道を示す座標系。

第2図は第1図で示されたx, y座標でゴルフ・クラブ・ヘッドの軌跡を示す図。

第3図はゴルフ・クラブ・ヘッド内の加速度セ

ンサーに固定し1軸と呼ぶ

(7) ……ゴルフ・クラブ・ヘッドの重心からシャフトに平行な直線で、ゴルフ・クラブ・ヘッドに固定しk軸と呼ぶ

(8) ……ゴルフ・クラブ・ヘッドの重心から1軸、k軸に直交する直線で、ゴルフ・クラブ・ヘッドに固定しj軸と呼ぶ

(9) ……ゴルフ・ボールの重心とトップ・オブ・スイング時のゴルフ・クラブ・ヘッド重心位置と、ゴルフ・クラブ・スイング中心とが成す平面上で、ゴルフ・クラブ・スイング中心とゴルフ・ボールの重心位置とを結ぶ直線距離を長軸とし、上記3点を通る楕円の部分

(10) ……ゴルフ・クラブ・スイング中心とゴルフ・クラブ・ヘッド重心とを結ぶ直線

(11) ……(3)と(4)とを結ぶ直線で、(3)、(4)、(5)が成す平面上の直線で地上に固定されx軸と呼ぶ

(12) ……(3)、(4)、(5)が成す平面上

ンサーの位置と外力及び外力の回転モーメントを示す図。

第4図はゴルフ・ボールとゴルフ・クラブ・ヘッドの打球前後の運動を示す図、第5図はゴルフ・クラブに加速度センサー、回路部、コンピュータ、ディスプレイを内蔵した時の図、第6図はゴルフ・クラブに加速度センサーと増幅器を内蔵し、この出力を外部のコンピュータに接続した時の図、第7図は本発明によって得られるデータ例を図示した図。

(1) ……ゴルフ・クラブ・シャフト

(2) ……ゴルフ・クラブ・ヘッド

(3) ……ゴルフ・クラブ・スイング中心

(4) ……ゴルフ・ボールの重心位置

(5) ……トップ・オブ・スイング時のゴルフ・クラブ・ヘッドの重心位置

(6) ……ゴルフ・クラブ・ヘッドの重心からゴルフ・クラブ・ヘッドのフェース面に下ろした垂直方向で、ゴルフ・クラブ

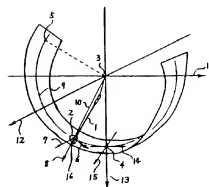
- 差に(3)から引いた直線で $y$ 軸
- (13) …… $x$ 軸、 $y$ 軸に直交する直線で $z$ 軸と呼ぶ
- (14) ……(9)に沿って(4)から引いた直線で $x$ 軸と呼ぶ
- (15) ……(3)、(4)、(5)の成す平面に垂直で(4)から(14)直角な直線で $y$ 軸と呼ぶ
- (16) ……ゴルフ・クラブ・ヘッドの重心
- (20) …… $x$ - $y$ 座標上でテーク・バック時のヘッド重心の軌跡
- (21) …… $x$ - $y$ 座標上でダウン・スイング時のヘッド重心の軌跡
- (22) …… $x$ - $y$ 座標上でテーク・バック時のヘッド重心の軌跡
- (23) …… $x$ - $y$ 座標上でダウン・スイング時のヘッド重心の移動方向
- (31) ……ゴルフ・クラブ・ヘッドの重心から(9)又は(14)に平行に引いた直線で $x'$ 軸と呼ぶ
- (32) ……ゴルフ・クラブ・ヘッド重心から $x$ - $y$ 平面上で(31)に垂直に引いた直線で $y'$ 軸と呼ぶ
- (33) ……ゴルフ・クラブ・ヘッドに加わる外力 $F$
- (34) ……ゴルフ・クラブ・ヘッドに加わる回転モーメント $T$
- (35) ……(6)に平行方向の加速度を検知するセンサーの1つで $Si_1$ と呼ぶ
- (36) ……(35)と(6)軸上の座標が同じで(7)軸上の座標が異なり、(6)に平行方向の加速度を検知するセンサーの1つで $Si_2$ と呼ぶ
- (37) ……(7)に平行の加速度を検知するセンサーで $S_j$ と呼ぶ
- (38) ……(35)のセンサーが検出する加速度
- (39) ……(36)のセンサーが検出する加速度
- (40) ……(37)のセンサーが検出する加速度
- (41) ……インパクト直前のゴルフ・クラブ・ヘッドの速度
- (42) ……インパクト時にゴルフ・ボールからゴルフ・クラブ・ヘッドが受ける力
- (43) ……インパクト時のシャフト中心からインパクト点迄の距離 $y_{i,0}$
- (44) ……インパクト直後のゴルフ・クラブ・ヘッド
- (45) ……インパクト直後のゴルフ・ボールの速度
- (46) ……インパクト前後でボールを表わす。
- (50) ……加速度センサー
- (51) ……加速度センサー
- (52) ……加速度センサー
- (53) ……変換器
- (54) ……変換器
- (55) ……変換器
- (56) ……ADC及びマイクロ・コンピュータとのインターフェース
- (57) ……ADC及びマイクロ・コンピュータとのインターフェース
- (58) ……ADC及びマイクロ・コンピュータとのインターフェース
- (59) ……マイクロ・コンピュータ・システム
- (60) ……表示ユニット
- (61) ……表示ユニット
- (62) ……表示ユニット
- (63) ……スタート・スイッチ
- (64) ……コンピュータ・システム
- (65) ……表示システム
- (70) …… $\theta$ 角を表わす目盛
- (71) ……バック・スイング時の $\theta$ 角の曲線
- (72) ……ダウン・スイング時の $\theta$ 角の曲線
- (73) ……ゴルフ・クラブ・ヘッドの速さを表わす目盛
- (74) ……バック・スイング時のヘッド速さを表わす曲線
- (75) ……ダウン・スイング時のヘッド速さを表

わす曲線

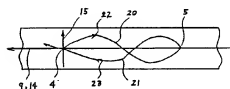
(76) ……インパクト位置を表わす目盛

(77) ……インパクト点の領域

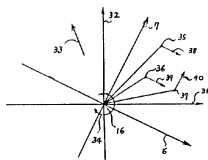
特許出願人 株式会社クボテック



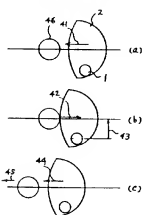
第 1 図



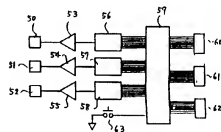
第 2 図



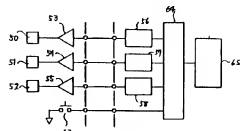
第 3 図



第 4 図



第 5 図



第 6 図

